

PRODUCCION DE MAIZ, FRIJOL Y CALABAZA EN UN SISTEMA HIDRAULICO DE CHINAMPA¹ /

E. MUÑOZ*

Summary

*The objective of this study was to evaluate productivity of corn (*Zea mays* L., Tuxpeño variety), beans (*Phaseolus vulgaris* L. Xilotepec variety) and squash (*Cucurbita pepo* L., Gray Zucchini variety) grown singly and in association in experimental chinampas. Weed growth in each system was also assessed*

Two density treatments were used in each association 25 000 plants/ha (5 000 of bean and 10 000 each of corn and squash) and 31 250 plants/ha (6 250 of bean and 12 500 each of corn and squash). When grown singly, densities of 12 500 plants/ha were used for beans and 25 000 plants/ha were used for corn and squash. Plantings were arranged in a randomized block design with four repetitions of each treatment

The results of the study of reveal that mixed plantings were superior to monocultures in terms of LER (Land Equivalent Ratio), and reduced weed growth. However, total yield/crop was greatest when each species was grown in pure cultures.

Introducción

En América tropical existen amplias zonas que permanecen parcial o totalmente inundadas la mayor parte del año, lo que dificulta su aprovechamiento agrícola. Como respuesta, una rama de la investigación astronómica se orienta hacia el diseño de alternativas tecnológicas que permitan incorporar las zonas pantanosas a la producción agrícola. Una de las alternativas prometedoras para la producción en las zonas inundadas, son las chinampas (7). La palabra chinampa, del nahuatl "chinamitl" que significa "seto o cerco de varas de caña, cercado hecho de palos o varas entrelazadas" (13), es un sistema agrícola reliquia viva de las técnicas del México prehispánico (16), que consiste de pequeños islotes construidos artificialmente cercanos a lagos de poca profundidad, utilizan-

do alternadamente el lodo sacado de los canales y la vegetación acuática, para elevar y abonar la tierra (10)

Tradicionalmente el manejo de las especies cultivadas en el sistema chinampero ha sido en base a los cultivos asociados con diferentes arreglos topológicos tanto verticales como horizontales. Entre las ventajas de los cultivos asociados se han señalado, principalmente: a) uso máximo de los recursos, que permite la obtención de una más variada producción total por unidad de área y tiempo; b) mayor protección del suelo contra la erosión; c) disminución de la proliferación de arvenses y, d) menor incidencia de plagas y enfermedades (1, 6, 8, 11).

Se desarrolló esta investigación con el objetivo de evaluar la producción de maíz, frijol y calabaza y, de estudiar comparativamente, el grado de proliferación de arvenses tanto en asociación como en unicultivo.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en las chinampas experimentales de la Estación Biológica "Morro de la Mancha" del Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, INIREB, situado en el Estado de Veracruz sobre la costa del Golfo de México (96°22'40" de longitud Oeste y 19°36' de latitud Norte), a una altitud de 8 m s.n.m. El clima de la

¹ Recibido para publicación el 20 de setiembre de 1985. El autor agradece al M. en C. Alberto Daniel Golberg por la asesoría inicial, al Dr. Charles Peters, quien fungió como asesor en la mayor parte del trabajo y a la M. en C. Laura Snook por la revisión crítica del texto. También a la Dra. Margarita Soto Esparza, por el decidido apoyo para la realización de la presente investigación.

* Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, INIREB, Xalapa, Veracruz, México

Estación es cálido subhúmedo, con una temperatura media anual entre 22 y 26°C (máxima 34°C y mínima 16°C) y una precipitación media anual que oscila entre los 1 200 y 1 500 mm (4). El suelo corresponde a un Regosol eútrico (14) de textura arenosa, siendo específicamente para la chinampa, migajón-arcilloso-arenoso.

El subsistema de cultivos estuvo constituido por maíz (*Zea mays* L. var. Tuxpeño), frijol negro de crecimiento indeterminado (*Phaseolus vulgaris* L. var. Xilotepec) y calabaza de mata (*Cucurbita pepo* L. var. Zucchini gray). Se trata de una combinación de cultivos tradicionalmente utilizadas en la cual las especies comparten el mismo espacio horizontal, aunque diferentes niveles, en forma vertical (17).

Los tratamientos consistieron de asociaciones de 25 000 plantas/ha (AS1) (5 000 de frijol, 10 000 de maíz y 10 000 de calabaza) y 31 250 plantas/ha (AS2) (6 250 de frijol, 12 500 de maíz y 12 500 de calabaza); además se incluyeron cultivos puros de frijol (12 500), maíz (25 000) y calabaza (25 000). Se manejaron las anteriores densidades de siembra para mantener la proporción de plantas/especie (2 plantas de maíz: 1 planta de frijol: 2 plantas de calabaza) utilizadas por los agricultores de la región. Los cultivos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones. El tamaño de las parcelas fue de 45 m² (9 m x 5 m), fijándose una parcela útil de 32 m² (8 m x 4 m). Las densidades utilizadas se obtuvieron con un arreglo de siembra a 80 cm (entre surco) por 100 cm (sobre surco), con dos semillas por golpe para maíz y calabaza y una para frijol. La siembra se efectuó directamente a la chinampa y sin la utilización de fertilizantes el 28 de junio de 1983.

Las variables analizadas fueron: altura, biomasa y rendimiento (en peso seco para el maíz y frijol y fresco para la calabaza) de cultivos y biomasa de arvenses (peso seco). Los datos obtenidos fueron procesados mediante el paquete estadístico de BIOMED (2), efectuándose análisis de varianza y pruebas de rango-múltiple de Duncan, considerando la diferencia significativa si $p < 0.05$ y altamente significativa si $p < 0.01$.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se muestran los resultados de altura, biomasa total y por partes: rendimiento y la relación biomasa reproductiva/biomasa total por planta. Como se muestra en este cuadro, la altura del maíz y de la calabaza presentan diferencias significativas entre los sistemas de asociación (AS1 y AS2) y unicultivo (U). En asociación el maíz incrementa su altura con respecto al unicultivo, sucediendo lo contrario

para la calabaza. Estos resultados se deben, probablemente, a los diferentes grados de competencia por luz entre las especies. Con el aumento de la densidad en asociación, ninguno de los tres cultivos se ve afectado en su altura.

En la producción de biomasa total/planta, los tres cultivos presentan diferencias significativas entre los sistemas de unicultivo y los de asociación, aunque solamente la biomasa del maíz se incrementó en asociación con respecto al cultivo puro (U). Con el aumento de la densidad de asociación, el frijol incrementó su producción de biomasa total/pl en un 110%, mientras que la calabaza la disminuye en un 45%.

Para los rendimientos/pl del maíz y la calabaza, no hubo diferencias significativas entre los sistemas de asociación y unicultivo. El frijol en las asociaciones incrementa su rendimiento/pl con la densidad, aunque el valor máximo no es significativamente diferente con el del unicultivo a pesar de la mayor competencia implicada en AS2 (12 500 pl/ha vs 31 250 pl/ha). Los valores absolutos en rango no estadístico, disminuyen para el maíz y la calabaza con el aumento de la densidad de asociación.

De la relación biomasa reproductiva/biomasa total por planta, que expresa la energía dedicada por la planta a la reproducción, se observa que únicamente el frijol asigna cantidades significativamente diferentes por sistema y tratamiento, disminuyendo la producción de biomasa dedicada a la reproducción en asociación y con la mayor densidad de siembra.

Al analizar los anteriores datos de altura, biomasa total, rendimiento y la relación biomasa reproductiva/biomasa total por planta, parece que de los tres cultivos es el maíz el que más se beneficia de la condición asociada con respecto al unicultivo. Su altura, biomasa total/pl, biomasa de tallos, hojas y raíces por planta, alcanzan sus mayores valores en AS2, la mayor densidad de siembra (31 250 pl/ha) en asociación con frijol y calabaza. Esto indica la alta capacidad competitiva del maíz en asociación. Por lo tanto, su producción de grano/pl no es significativamente diferente en los tres tratamientos. El frijol es el cultivo que mejor responde a los incrementos en la densidad de asociación, tanto para la producción de hojas y raíces, como para la producción de biomasa reproductiva/pl (grano y vainas). Esto puede deberse a que el frijol al disponer naturalmente de más nitrógeno que los otros cultivos, responde mejor a la competencia inter-específica por luz y nutrientes, dedicando mayor energía al desarrollo vegetativo, como lo demuestra su aumento en un 262%. El frijol en la baja densidad de asociación (AS1), se ve afectado en la producción de biomasa total/pl (biomasa de tallos, hojas,

raíz, vaina, y grano), probablemente por el mayor grado de competencia que sufrió la calabaza a esta densidad, como lo demuestra su producción de biomasa de hojas y raíz por planta.

Las bajas densidades de asociación parecen favorecer los incrementos tanto de biomasa total como de rendimiento/pl de calabaza, aunque la no significancia de las diferencias en los rendimientos/pl para los diferentes tratamientos, se puede deber a su cuantificación en peso fresco. Esto resulta posiblemente del efecto de la competencia interespecífica por luz y nutrientes, puesto que la competencia por agua entre los cultivos fue mínima, dado la disponibilidad de este recurso a través de la lluvia y desde los canales de la chinampa (nivel freático 45 cm).

Con respecto a la incidencia de arvenses (Fig 1), ésta es mayor en los monocultivos que en los sistemas asociados, tendencia ya encontrada por Soria *et al.* (15). El frijol que se sembró solo presentó la mayor incidencia de arvenses, tal vez como efecto de las bajas densidades utilizadas. En las siembras asociadas esta incidencia disminuye al incrementar la densidad de siembra, hecho que es de esperarse, puesto que hay una mayor cobertura de los cultivos sobre el suelo y mayor competencia inter-específica.

En el Cuadro 2, se muestran los rendimientos e Índice de Uso Equivalente de Tierra (UET) por sistema. El UET es un índice que mide la superficie que habría de emplearse bajo el sistema de referencia (monocultivo), considerado el 100% posible por su mayor rendimiento/ha, para lograr una producción equivalente a la obtenida en el sistema evaluado (asociación) (9). Se calcula sumando los cocientes de la relación entre el rendimiento de un cultivo sembrado asociado (r_a) y el rendimiento del cultivo sembrado puro (r_p), en condiciones ambientales razonablemente parecidas

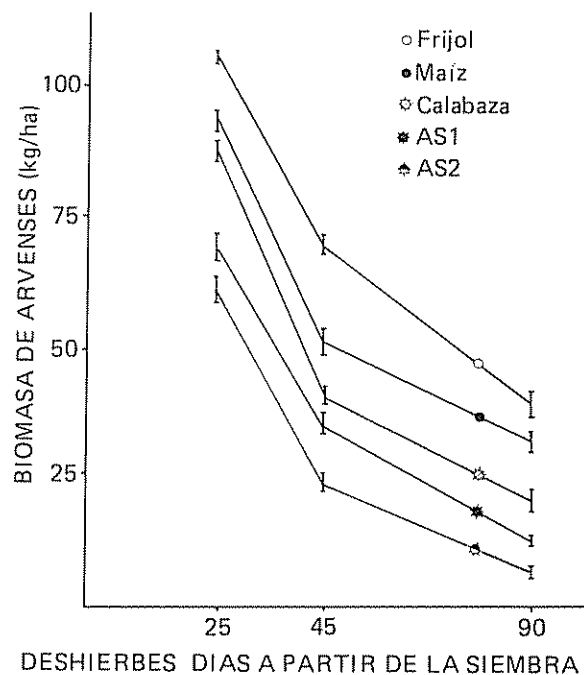


Fig 1. Biomasa de arvenses (peso seco) extraída en cada deshierbe en sistemas de monocultivo (frijol, maíz, calabaza) y de asociación (AS1, AS2) durante el experimento.

($UET = r_a/r_p$) (5). Al comparar los rendimientos totales de grano y fruto en los sistemas asociados, se observó que éstos son menores que el 100% por cultivo en los sistemas asociados, lo cual ha sido señalado por otros autores (3, 12). La explicación de los menores rendimientos en los sistemas asociados con respecto a los monocultivos es el incremento de la competencia inter-específica. Por ejemplo, el rendimiento por sistema de maíz en asociación disminuye entre un

Cuadro 1. Altura, biomasa total y por partes, rendimiento y biomasa reproductiva/biomasa total por planta.

Cultivos	Tratamientos	Altura (cm)	Biomasa total (g/pl)	Rendimiento (g/pl)	Vaina (g/pl)	Ráquis (g/pl)	Brácteas (g/pl)	Pedúnculo (g/pl)	Tallo (g/pl)	Hojas (g/pl)	Raíz (g/pl)	Biom reprod/biom (%)
Maíz	U	238 1 a	457 0 b	262 0 a		3 4 c	13 0 a	1 3 a	107 0 b	48 0 c	22 06 c	61 a
	AS1	270 1 b*	533 0 a	344 0 a		5 0 b**	17 0 a	1 7 a	87 0 c**	52 0 b**	26 00 b**	69 a
	AS2	261 2 b	587 0 a	337 0 a		5 4 a	20 2 a	1 7 a	114 0 a	77 7 a	30 50 a	62 a
Frijol	U	236 4 a	240 0 b	196 0 a	4 4 c							84 a
	AS1	264 5 a	180 0 c**	132 0 b**	6 2 b**							74 b**
	AS2	256 2 a	380 0 a	197 0 a	8 5 a							54 c
Calabaza	U	35 2 a	16 0 b	11 0 a								69 a
	AS1	27 3 b*	22 0 a*	16 0 a								73 a
	AS2	24 3 c	12 0 c	9 0 a								75 a

U = monocultivo (frijol = 12 500 pl/ha, maíz = 25 000 pl/ha, calabaza 25 000 pl/ha). AS1 = asociación 25 000 pl/ha. AS2 = 31 250 pl/ha. Para cada grupo los valores seguidos de las mismas letras no representan diferencias significativas ($P < 0.05$)

* = Significativo al 5%
** = Significativo al 1%

Cuadro 2. Rendimiento total e índice de uso equivalente de tierra por sistema.

Sistemas	Producción de grano-fruto			
	Rendimiento (t/ha)			UET
Cultivos	M	F	C	%
Densidades [#]	(%)	(%)	(%)	
M25	6 25 a			100
	100			
F 12 5		2 46 a		100
		100		
C25			0 27 a	100
			100	
M10 + F5 + C10	3 43 b	0 65 c	0 16 b	138
	52 3	26 4	59 3	
M12 5 + 1 6 25 + C12 5	4 21 b	1 23 b	0 11 b	155
	64 0	50 0	41 0	

* La cifra suscrita a las letras (M=maíz, F=frijol, C=calabaza) indica miles de plantas/ha. Promedios seguidos de distintas letras son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ($P < 0.05$). El número entre paréntesis representa el % del rendimiento por sistema.

52.3% y 64% con respecto al monocultivo, para el frijol fue de 26.4% y 50% y, para la calabaza de 41% y 59%, según las densidades de asociación AS1 y AS2.

Los valores de UET, obtenidos de la suma de los porcentajes de los diferentes cultivos dentro de cada tratamiento (Cuadro 2), son mayores en las asociaciones que en los monocultivos. Esto indica una mayor eficiencia agronómica de las asociaciones y respalda las ventajas de las mismas en el sentido de que hace un uso más intensivo del suelo tanto en el tiempo como en el espacio.

Conclusiones

Con base en los resultados anteriores se puede concluir que el promedio de los rendimientos por cultivo en los monocultivos es superior a los en asociación, debido principalmente a la menor competencia inter-específica. En la producción de grano o fruto, las asociaciones parecen no afectar al maíz y la calabaza y solo en las bajas densidades de asociación al frijol. En la distribución energética (biomasa reproductiva/biomasa total por planta), se observa que el frijol dedica la mayor parte de su energía a la reproducción en los monocultivos y en las bajas densidades de asociación. El maíz y la calabaza asignan, en rango no estadístico, más energía a su reproducción en los sistemas asociados.

Desde el punto de vista agronómico, los valores de UET, muestran claramente una mayor eficiencia del

sistema asociado con respecto a los sistemas sembrados en puro. En cuanto a la proliferación de arvenses, esta es menor en los cultivos asociados debido posiblemente a la competencia inter-específica por luz y nutrientes.

Finalmente, los resultados también permiten inferir que la chinampa es una forma viable para la incorporación de las zonas inundadas a la producción agrícola.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción de maíz (*Zea mays* L. var. Tuxpeño), frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. Xilotepec) y calabaza (*Cucurbita pepo* L. var. Zucchini gray) y la proliferación de arvenses en los sistemas de monocultivo y asociación.

Los tratamientos consistieron de 25 000 plantas/ha (5 000 de frijol, 10 000 de maíz y 10 000 de calabaza) y 31 250 plantas/ha (6 250 de frijol, 12 500 de maíz y 12 500 de calabaza), comparadas con cultivos puros de frijol (12 500), maíz (25 000) y calabaza (25 000).

La siembra se efectuó directamente a la chinampa y sin la utilización de fertilizantes. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones. El tamaño de las parcelas fue de 45 m² (9 m x 5 m), fijándose una parcela útil de 32 m² (8 m x 4 m).

Las variables analizadas fueron: altura, biomasa y rendimiento de cultivos (en peso seco para maíz y frijol y fresco para calabaza) y, biomasa de arvenses (peso seco).

Los datos demuestran que el UET, la menor proliferación de arvenses (por sistema) y la asignación de energía para la reproducción por planta (maíz y calabaza) son favorables en los sistemas asociados, aunque los rendimientos por sistema son mayores en monocultivo.

Literatura citada

1. ALTIERI, M.A.; DOLL, J.; SHOONHOVEN, A. VAN 1977. Interacciones entre insectos y malezas en mono y policultivo de maíz y frijol. Revista Comalfi (Colombia) 4(4):171-208.
2. DIXON, W.I. 1981. (Ed.) BMDP statistics software. University of California Press. 725 p.

3. GALLEGOS, P.R. 1976 Evaluación de producción agronómica y biomasa en sistemas de producción que incluye yuca (*Manihot esculenta* C.) Tesis Ms Sc CATIE, Turrialba, Costa Rica. 122 p.
4. GARCIA, E. 1981. Modificación al sistema de clasificación climático de Koeppen. Inst. Geogr. UNAM, México. 252 p.
5. GARCIA, J.; PINCHINAT, A.M. 1976 Producción asociada de maíz y soya a diferentes densidades de siembra. Turrialba. Costa Rica 26(4):409-411
6. GLIESSMAN, S.R. 1980. Multiple cropping. A basis for developing an alternative agriculture. California. 47 p. (mimeo)
7. GOMEZ-POMPA, A. Vino nuevo en odre viejo. La agricultura mexicana de la chinampa-antigua técnica ecológica- revive y ayuda a resolver el problema alimenticio. Mazingira 5.
8. HERNANDEZ XOLOCOTZI, E. 1975. Tecnología tradicional en África. In Seminario de la Rama Botánica. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México
9. HILDEBRAND, P.E.; FRENCH, E.C. 1975. Conceptos de sistemas. In Curso intensivo sobre sistemas de producción agrícola para el trópico. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica
10. MAIER, E. 1979. Chinampa tropical. Una primera evaluación. Centro de Ecodesarrollo. México. 87 p.
11. MARQUEZ, F. 1977. Sistemas de producción agrícola (agroecosistemas). Universidad Autónoma de Chapingo, UACH. México. 192 p.
12. MOJICA, F. 1975. Absorción de nutrimentos y producción en la asociación frijol *Phaseolus vulgaris* L., maíz (*Zea mays* L.) y arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis Mg Sc CATIE, Turrialba, Costa Rica. 116 p.
13. MOLINA, F.A. de. 1970. Vocabulario en lengua castellana y mexicana y mexicana y castellana. Editorial Porrúa, México
14. SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (SARH) 1977. Perspectivas del desarrollo del Estado de Veracruz, México. p. 52-61.
15. SORIA, J.; BASAN, R.; PINCHINAT, A.M.; PAEZ, G.; MATEO, M.; MORENO, R.; FARGAS, J.; FORSYTHE, W. 1975. Investigaciones sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico. Turrialba 25(3):283-293
16. WEST, R.C.; ARMILLAS, P. 1950. "Las chinampas de México". Poesía y realidad de los 'Jardines flotantes'. In Cuadernos Americanos. México 50:165-182
17. WILKEN, G.C. 1969. Drained-Field agriculture: An intensive farming system in Ixcala, México. The Geographical Review 59:215-241.

Notas y comentarios

Siembre dinero, coseche trigo.

Todos estamos familiarizados con los efectos de los subsidios que los gobiernos otorgan a los productores para que puedan obtener ganancias, sin tener en cuenta sus costos de producción que no compiten con las regiones exportadoras. Estamos familiarizados con lo que sucede en la Comunidad Económica Europea (CEE), con sus montañas de granos (y lagos de leche) reventando tanto los receptáculos de almacenamiento como los presupuestos nacionales, cuotas para cortar la superproducción, y hasta daños al ambiente. Esto, que se está convirtiendo en una carga hasta para los países poderosos de Europa, está sucediendo también, aunque parezca mentira, en Arabia Saudita: el mayor productor de petróleo durante la década que comenzó en 1973, con los altos precios del petróleo. Y si la CEE desea saber qué hacer ahora con sus excedentes de granos, es a los sauditas a quienes quizás estén tentados a examinar como dijo hace poco *The Economist* (23 de noviembre de 1985, p. 76)

El reino, habiendo fallado en reducir la superproducción cortando los precios, ha decretado cuotas a sus productores de trigo. Los agricultores más grandes, que producen alrededor de la mitad de la producción del país, podrán vender sólo el 60% de su trigo a los precios garantizados por el gobierno; las fincas medianas pueden vender sólo el 70% de su producción.

El objetivo es dar marcha atrás a la política agrícola más exitosa y lunática del mundo. El gobierno saudita les da a los agricultores la mitad del costo de

los fertilizantes y del alimento del ganado; la tierra es gratis; el Banco Agrícola proporcionó el equivalente de US\$ 97 millones como préstamos a bajo interés en 1983-1984. Lo más asombroso de todo son los precios garantizados por el gobierno. En 1985, el gobierno había estado pagando a los agricultores US\$ 500 por cada tonelada métrica de trigo, esto es, cuatro y media veces el precio del mercado mundial. Esto representaba, en realidad, un corte, ya que hasta noviembre de 1984, el gobierno estaba pagando US\$ 900 por tonelada.

Al igual que los incentivos, el crecimiento de la producción es increíble. La cosecha de trigo se ha elevado de 187 mil toneladas en 1981, hasta 1.3 millones en 1985, un promedio anual de crecimiento de 60 por ciento. En 1986, a pesar del corte del precio, la producción se elevará de nuevo hasta 1.7 millones. A este ritmo, Arabia Saudita tendrá más de la mitad de su cosecha disponible para la exportación, una proporción aún más alta que la de Estados Unidos. El gobierno tiene poca opción salvo cortar la producción de trigo; el nuevo plan quinquenal apunta a reducirla a 1.2 millones de toneladas en 1990.

A pesar de esta danza de dólares, el insumo más importante en Arabia Saudita no es el dinero, sino el agua. El agua es gratis para los agricultores y estos están usando un recurso escaso en la región en forma alarmantemente rápida. En 1980, las fincas consumieron menos de 3000 millones de metros cúbicos de agua. En 1985, se han usado más de 7.4 mil millones, que equivalen al 84% del consumo total de agua del país. Tres cuartas partes del agua de Arabia Saudita viene de lagos subterráneos no renovables. A esta tasa de consumo, los lagos se secarán en unos 80 años. Sabiamente, el gobierno ahora planea disminuir el consumo de agua haciendo que la gente pague por ella. Adalberto Gorbitz